

## MJERNI SUSTAV ZA MJERENJA POČETNIH VOLUMENA I AUTOMATIZIRANO DUGOTRAJNO PRAĆENJE PROMJENA VOLUMENA MJERNIH UZORAKA

Prof.dr.sc. Dubravko Rogale, član HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet ,  
[dubravko.rogale@ttf.hr](mailto:dubravko.rogale@ttf.hr)

Prof. dr. sc. Gojko Nikolić, Tekstilno-tehnološki fakultet , [gojko.nikolic@ttf.hr](mailto:gojko.nikolic@ttf.hr)

**Sažetak:** Izum služi za mjerenja volumena na uzorcima tkiva ili drugih materijala uzrokovanih različitim utjecajima ili uzrocima poput degenerativnih bolesti ili utjecaja okoline za koje ne postoji mjeriteljski sustav koji će biti u mogućnosti izmjeriti početni volumen mjernog uzorka uronjenog u tekućinu za čuvanje uzorka, a potom tijekom više tjedana ili mjeseci, mjeriti ekspanziju ili kontrakciju volumena uzorka.

### 1. Uvod

Ovaj izum se odnosi na mjerni sustav za mjerenja početnih volumena mjernih uzoraka te dugotrajna automatizirana mjerenja i registraciju promjena početnih volumena, a prema međunarodnoj klasifikaciji klasificiran je u području G (Fizika), razred G 01 (uređaji, mjerenje), podrazred G 01 F (mjerenje obujma), podskupina 17/00 (metode ili uređaji za određivanje kapaciteta spremnika ili obujma čvrstih tijela), odnosno kao: G 01 F 17/00 – uređaji za određivanje obujma čvrstih tijela. Prikazani sustav može poslužiti za mjerenja volumena bioloških uzoraka, tekstilnih vlakana, tekstilnih plošnih proizvoda, dijelova odjeće i sličnih proizvoda.

Do sada se mjerenje volumena nepravilnih tijela obavljalo uranjanjem tih tijela u mjernu posudu, najčešće menzuru, pa se volumen određivao mjerenjem količine istisnute tekućine, odnosno oduzimanjem vrijednosti volumena tekućine s uronjenim mjernim uzorkom i vrijednosti početnog volumena. Spomenuta metoda je poznata dulje vrijeme, jednostavna je i učinkovita. Nedostatom te metode može se smatrati točnost s obzirom da se javlja mjerna pogreška zbog kapilarnog efekta u građiranim cjevčicama ili pojava meniskusa zbog površinske napetosti tekućine. Narednim nedostatom može se smatrati hlapljenje tekućine u kojoj se čuva mjerni uzorak zbog potreba višetjednog ili višemjesečnog mjerenja. Učinkovita automatizacija mjerenja i obrade rezultata s pomoću računala pri opisanoj mjernoj metodi nije moguća pa se na temelju uočenih nedostataka pristupilo razvoju i realizaciji novog mjeriteljskog sustava. Druga metoda u uporabi je tzv. gravimetrijska metoda kod koje se ispitivani mjerni uzorak objesi na držač i uroni u zaštitnu otopinu poznate specifične težine te se iz razlike izmjerene težine posude s tekućinom bez ispitivanog uzorka i s ispitivanim uzorkom posredno izračunava volumen uzorka. Metoda, kao i prethodna s očitavanjem istisnuća tekućine, nije dovoljno precizna jer ne uzima u obzir odstupanja, a time i greške mjerenja, nastale ishlapljivanjem i deaerizacijom kao i povećanjem volumena dublje uronjenog držača uzorka. Metoda je neprikladna za kontinuirano i automatsko praćenje promjena volumena mjernog uzorka u duljem vremenskom razdoblju.

Zbog uočenih nedostataka 2007. godine pristupilo se izradi novog mjeriteljskog sustava pod autorstvom Bogdanović N., Nikolić G., **Rogale D.**, Bartoš M.: Mjerni sustav za mjerenja početnih volumena i automatizirano dugotrajno praćenje promjena volumena mjernih uzoraka, a tri godine kasnije odobren je konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 31.03.2010. pod oznakom **PK20070532**.

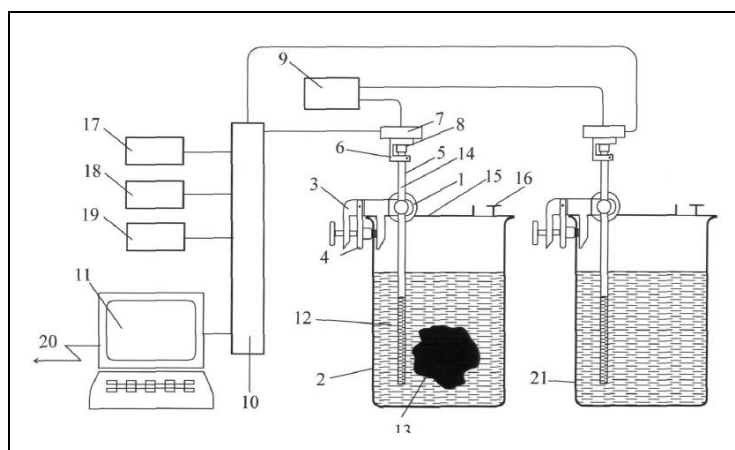
### 2. Opis izuma

Primarni cilj izuma je da se omogući vrlo točno mjerenje volumena mjernih uzoraka nakon njihovog uranjanja u zaštitnu tekućinu u kojoj se uobičajeno čuvaju. Sekundarni cilj izuma je da se razvije mjerni sustav koji će osim primarnog cilja omogućavati i dugotrajno, po potrebi višemjesečno, mjerenje i bilježenje rezultata ekspanzije i kontrakcije mjernog uzorka. Daljnji cilj izuma je mogućnost kompenzacije hlapljenja zaštitne tekućine, toplinskog rastezanja tekućine, deaerizacije otopljenih plinova, taloženja prašine i drugih čestica iz okolnog zraka u mjernu posudu, odnosno tekućinu. Isto tako, cilj izuma je i omogućavanje korištenja bilo kakvih oblika posuda u kojima se čuvaju mjerni uzorci budući da se prije svakog mjerenja izvodi mjerna kalibracija u kojoj se izvodi kalibriranje oblika posude i karakteristika mjernog senzora, čime se omogućava vrlo visoka točnost mjerenja. Za potrebe praćenja i kompenzacije drugih utjecajnih varijabli postoje dodatni mjerni ulazi.

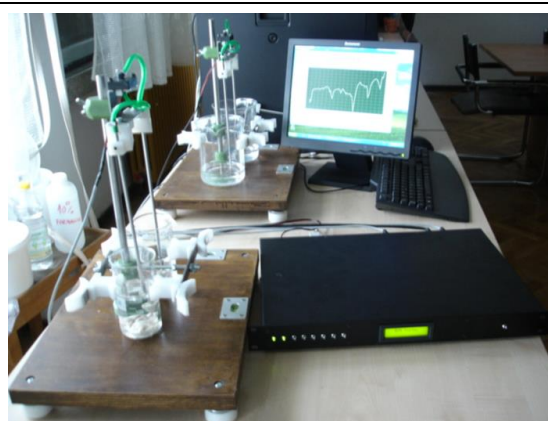
Mjerni sustav za mjerenja početnih volumena mjernih uzoraka te dugotrajna automatizirana mjerenja i registraciju promjena početnih volumena po ovom izumu koristi načelo da tekućina u koju je uronjen mjerni uzorak prodire u cjevčicu na čijem je drugom kraju mjerni senzor tlaka i stlačuje zrak budući da je drugi kraj zatvoren u ovom slučaju s tlačnim senzorom. Zbog porasta razine tekućine, uzrokovanog uranjanjem uzorka, u zraku koji je zarobljen u cijevi poraste tlak i uspostavlja se ravnoteža s pritiskom tekućine. Tlak u cjevčici izravno ovisi o razini tekućine i njenoj

specifičnoj gustoći. Kako se razina tekućine mijenja, bilo uranjanjem mjernog uzorka, njegovim bubrenjem ili smanjivanjem, istisnuta tekućina mijenja visinu razine. To uzrokuje promjene tlaka u cjevčici. Tlak stlačenog zraka mjeri osjetljivi tlačni senzor. Razlike u tlaku su vrlo male i zato senzor mora biti vrlo osjetljiv. Signale senzora, analogne ili digitalne, pretvara elektronički sklop na bazi mikrokontrolera u signale koje može prepoznati računalo. Konstrukcija mikrokontrolerskog sklopa ovisi o vrsti tlačnog senzora odnosno njegovim izlaznim signalima. Mjerni sustav ima priključeno računalo te pripadajući računalni program koji preračunava signale tlaka, uz upisanu veličinu promjera posude, u volumen, ima potreban softver za propisani postupak kalibracije te prikazuje grafički i tabelarno apsolutnu početnu vrijednost kao i promjene volumena mjernog uzorka u ovisnosti o vremenu.

Upućujući na sl. 1 može se vidjeti da se mjerni sustav za mjerenja početnih volumena mjernih uzoraka te dugotrajna automatizirana mjerenja i registraciju promjena početnih volumena sastoji od više mehaničkih elemenata, senzora, mikrokontrolerskog sklopa i vanjskog osobnog računala. Mehanizam držača metalne cijevi s mogućnošću podešavanje dubine uranjanja i nagiba cijevi 1 pričvršćuje se na mjernu posudu 2 s pomoću nosača 3 koji se zateže vijkom preko pomičnog dijela 4. Na mehanizam držača 1 pričvršćena je metalna ili staklena cjevčica 5 na čijem gornjem kraju se nalazi plastični nosač 6 i senzor tlaka 7. Spoj i brtvljenje između cjevčice 5 i senzora 7 osigurava elastični spojnik 8 radi hermetičkog spoja cijevi i senzora. Senzor ima napajajuću jedinicu 9 i spojen je na mikrokontrolerski sklop 10, a na njega i osobno računalo 11. Mjerna posuda 2 ispunjena je tekućinom za čuvanje ili mjerenje mjernog uzorka 12, a u nju je uronjen mjerni uzorak 13. Podizanjem razine tekućine 12 zbog uranjanja mjernog uzorka 13 u cjevčici se stlači zrak 14 na kojeg reagira mjerni senzor tlaka 7. Na mjernoj posudi 2 postavljen je poklopac 15 sa čepištem 16. Čepište 16 se otvara tijekom kalibracije mjerne posude 2 i mjernog senzora tlaka 7 tijekom dodavanja baždarnih volumena u mjernu posudu. Nakon završenog baždarenja čepište 16 se zatvara.



Sl. 1 Gradbeni elementi mjernog sustava



Sl. 2. Realizirani mjerni sustav

Na mikrokontrolerski sklop 10 dodatno se mogu priključiti mjerila temperature okoliša 17, atmosferskog tlaka 18, relativne vlažnosti zraka 19 i druga potrebna mjerila potrebna za analizu mjernih rezultata kao što je npr. mjerilo temperature mjerne tekućine 12 u mjernoj posudi 2.

Izum se koristi tako da se prvo obavi nalijevanje mjerne posude 2 mjernom tekućinom 12 kroz čepište 16 poklopca 15 mjerne posude. Potom se sklop mjerne cjevčice 5, nosača 6, spojnog elementa 8 i mjernog senzora 7 podiže s pomoću držača metalne cijevi 1 tako da je cijev uronjena oko 5 mm ispod površine mjerne tekućine. Sklop se tada fiksira u tom položaju i više se ne smije podešavati tijekom mjerenja. Postupak kalibracije izvodi se tako da se očitava vrijednost tzv. nultog tlaka stlačenog zraka 13 u mjernoj cjevčici 5 s pomoću senzora 7 te se preko mikrokontrolerskog sustava 10 upiše u PC računalo 11. Nakon očitavanja vrijednosti nultog tlaka kroz čepište 16 ulijeva se s pomoću pipete ili drugog uređaja s točno poznatim volumenom mjerne tekućine, prva baždarna količina tekućine i očitava se nova vrijednost tlaka i upisuje u računalo. Nakon očitavanja vrijednosti prvog baždarnog tlaka kroz čepište 16 ulijeva se s pomoću pipete ili drugog uređaja s točno poznatim volumenom mjerne tekućine, druga baždarna količina tekućine i očitava se nova vrijednost tlaka i upisuje u računalo. Nakon očitavanja vrijednosti drugog baždarnog tlaka kroz čepište 16 ulijeva se s pomoću pipete ili drugog uređaja s točno poznatim volumenom mjerne tekućine, treća baždarna količina tekućine i očitava se nova vrijednost tlaka i upisuje u računalo. Opisanim postupkom kalibracije utvrđene su četiri kalibracijske točke kroz koje se nekom od pogodnih numeričkih interpolacijskih metoda izračunava kalibracijska krivulja. Radi visoke točnosti mjerenja potrebno bi bilo da je volumen mjernog uzorka nešto manji od zbroja sva tri volumena baždarnih

tekućina koja su se s pomoću pipete dodavala u mjernu posudu. U tom slučaju izvedena je točna kalibracija oblika mjerne posude i karakteristike mjernog senzora tlaka. Nakon završetka kalibracijskog postupka s pomoću pipete ili drugog uređaja s točno poznatim volumenom mjerne tekućine iz mjerne posude 2 izvadi se ona ista količina tekućine koja se u mjernu posudu dodavala u postupku kalibracije. Opisanim postupkom mjerni sustav je kalibriran i poznata je kalibracijska krivulja, a sustav je spreman za mjerenja prihvatom mjernog uzorka.

Mjerni uzorak 13 uranja se u mjernu tekućinu 12 skidanjem poklopca 15 sa čepištem 16. Nakon uranjanja namješta se poklopac 15 tako da pokriva mjernu posudu 2, a čepište 16 se također zatvara. Nakon smirivanja mjerne tekućine izazvanog uranjanjem mjernog uzorka izvodi se prvo očitavanje tlaka stlačenog zraka 14 u mjernoj cjevčici 5. Iz razlike tog tlaka i tzv. nultog tlaka se s pomoću baždarne krivulje izračunava vrijednost početnog volumena mjernog uzorka. Nakon izračunavanja početnog volumena uređaj se prebacuje na automatski režim mjerenja kada automatizirano dugotrajno mjeri, izračunava i prikazuje promjene volumena mjernih uzoraka u ovisnosti o vremenu. Nadzor i upravljanje sustavom može se izvoditi lokalno ili preko Interneta korištenjem priključka 20. Za učinkovitu i točnu kompenzaciju poremećajnih parametara pri izrazito dugotrajnim mjerenjima služi kompenzacijska posuda 21 istih dimenzija kao mjerna posuda 2 i s istom razinom tekućine za čuvanje ili mjerenje mjernog uzorka.

### **3. Zaključak**

Na opisani način izum omogućuje praktičnu, trajnu, vrlo točnu i automatiziranu napravu koja se može koristiti za mjerenja početnih volumena bioloških uzoraka, tekstilnih vlakana, tekstilnih plošnih proizvoda, dijelova odjeće i sličnih proizvoda i automatizirano dugotrajno praćenje promjena volumena mjernih uzoraka te nudi i nove značajke koje se nisu mogle postizati postojećim poznatim napravama. Opisani mjeriteljski sustav instaliran je u Švedskoj za potrebe praćenja degenerativnih promjena na mozgu osoba oboljelih od Alzheimerove bolesti i na nekoliko najznačajnijih sveučilišta diljem Europe, a paralelni nadzor nad eksperimentima i mjernim rezultatima putem interneta odvijao se s jednog centralnog mjesta od strane voditelja znanstveno-istraživačkog projekta koji objedinjava više država.

### **4. Literatura**

[1] Bogdanović, N.; Nikolić, G.; Rogale D. & Bartoš; M.: Mjerni sustav za mjerenja početnih volumena i automatizirano dugotrajno praćenje promjena volumena mjernih uzoraka, Državni zavod za intelektualno vlasništvo, upisano u Registar patentnih prijava Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 21.11.2007. pod oznakom P20070532A, patent je priznat 31.03.2010. pod oznakom PK20070532